

A FLEXIBLE MALAY SPEECH SYNTHESIS USING ESPEAK DESIGN

AHMAD LUTFI SALIKIN
SABRINA TIUN

ABSTRACT

Previous research proved that a complete and usable Malay Text-to-Speech (TTS) system based on formant synthesis could be developed within a short period of time without in-depth knowledge in relevant fields. The speech produced however still been influenced by Indonesian and English pronunciation. This has led to this research that intended to improve the Malay speech synthesizer produced in the earlier research by focusing on pronunciation of vowel /E/ in Malay language that has two variants and consonant stops. The research was conducted by learning the basic knowledge on TTS and TTS development tool to be used, eSpeakedit, before undergoing experimentation stage to produce the new Malay speech synthesizer based on the earlier research. The speech for a list of words produced by the new synthesizer were later been compared with the speech generated by the earlier Malay synthesizer, which afterward evaluated by 12 Malay native speaker respondents. From the evaluation, on average, 85% of the respondents chose the speech from the word list produced by the new Malay synthesizer to be closer to their daily Malay pronunciation while another 15% chose speech produced by earlier research's Malay synthesizer. Evaluation result indicates an improvement on the Malay synthesizer's output but further enhancement such as sound replacement for consonant stops with recorded sound using Praat software and more balanced evaluation target respondents could further improve future research.

Keywords: Malay speech synthesizer, formant synthesis, flexible, eSpeak, eSpeakedit, Malay text-to-speech.

PENYENTESIS PERTUTURAN BAHASA MELAYU YANG FLEKSIBEL MENGUNAKAN REKA BENTUK ESPEAK

ABSTRAK

Kajian terdahulu membuktikan sistem Teks-kepada-pertuturan (TTS) bahasa Melayu berasaskan penyentesis formant yang lengkap dan boleh diguna pakai boleh dibangunkan dalam tempoh yang singkat meskipun tanpa pengetahuan mendalam dalam bidang berkaitan. Bagaimanapun pertuturan yang dihasilkan masih dipengaruhi oleh sebutan bahasa Indonesia dan bahasa Inggeris. Ini memotivasi kajian ini yang bertujuan menambah baik penyentesis pertuturan bahasa Melayu yang dihasilkan dalam kajian terdahulu dengan memberi tumpuan kepada sebutan vokal /E/ dalam bahasa Melayu yang mempunyai dua varian dan konsonan hentian. Pengetahuan asas tentang TTS serta alat pembangun TTS yang diguna iaitu eSpeakedit dipelajari terlebih dahulu sebelum melakukan ujikaji dalam menghasilkan penyentesis pertuturan bahasa Melayu baharu. Pertuturan untuk senarai perkataan yang dihasilkan oleh penyentesis pertuturan baharu seterusnya dibandingkan dengan pertuturan yang dihasilkan oleh penyentesis pertuturan terdahulu dan kemudian dinilai oleh 12 responden penutur asli bahasa Melayu. Dari penilaian yang dilakukan, secara purata, 85% responden memilih pertuturan senarai perkataan yang dihasilkan oleh penyentesis bahasa Melayu yang baharu sebagai sebutan yang paling hampir kepada sebutan harian bahasa Melayu mereka manakala 15% responden lagi memilih pertuturan yang dihasilkan oleh penyentesis pertuturan kajian terdahulu. Keputusan penilaian menunjukkan penyentesis bahasa Melayu kajian terdahulu berjaya ditambah baik dalam kajian ini. Namun, perluasan dan penambahbaikan kajian seperti penggantian bunyi untuk konsonan hentian dengan bunyi yang dirakam menggunakan perisian Praat selain responden sasaran yang seimbang untuk penilaian sebutan boleh meningkat lagi hasil kajian pada masa hadapan.

Kata kunci: Sintesis pertuturan bahasa Melayu, Sintesis Forman, fleksibel, eSpeak, eSpeakedit, Teks-kepada-pertuturan bahasa Melayu.

PENGENALAN

Pembinaan suatu sistem TTS yang lengkap dan boleh diguna pakai memerlukan masa yang lama, tenaga kerja yang banyak serta pengetahuan pelbagai bidang yang berkaitan. Sabrina dan Siti Khaotijah (2012) berjaya menghasilkan penyentesis pertuturan bahasa Melayu yang kurang memerlukan bunyi sebutan semulajadi dalam kadar masa yang singkat selain daripada tidak memerlukan pengetahuan yang mendalam dalam pelbagai bidang subjek berkaitan. Sintesis pertuturan bahasa Melayu tersebut dihasilkan dengan bantuan alat pembangun TTS sumber terbuka eSpeakedit yang menggunakan reka bentuk sistem TTS eSpeak berasaskan penyentesis formant. Sintesis pertuturan yang dihasilkan adalah fleksibel dari segi tidak memerlukan pangkalan data bagi menyimpan contoh sebutan seperti penyentesis percantuman, ketidakperluan kepada memori yang tinggi selain daripada boleh diguna pakai untuk pelbagai domain teks dan varian suara. Bagaimanapun sebutan pertuturan bahasa Melayu yang dihasilkan masih dipengaruhi oleh sebutan bahasa Indonesia dan bahasa Inggeris.

Kajian ini merupakan kajian penambahbaikan sebutan bahasa Melayu dalam kajian terdahulu oleh Sabrina dan Siti Khaotijah (2012). Fokus kajian adalah kepada penambahbaikan sebutan e-taling, e-pepet dan juga konsonan hentian penyentesis pertuturan terdahulu yang masih dipengaruhi oleh sebutan bahasa Inggeris dan bahasa Indonesia. Elemen lain seperti aspek akustik tidak menjadi fokus kajian ini.

SINTESIS PERTUTURAN BAHASA MELAYU

Terdapat beberapa kajian dilakukan dalam konteks penyentesis pertuturan bahasa Melayu. Syaheerah et al. (2005) melakukan uji kaji dalam usaha mengkaji potensi memasukkan elemen emosi ke dalam sistem TTS FASIH. Sistem TTS tersebut (dibina oleh MIMOS) menggunakan penyentesis MBROLA yang berasaskan penyentesis percantuman difon. Kajian menghasilkan pertuturan beremosi bahasa Melayu dalam skop tertentu dengan menggunakan ayat yang mengandungi 4 perkataan (setiap perkataan mengandungi 2 atau 3 suku kata) dengan menggunakan pakai algoritma berasaskan petua sensitif suku kata (*syllable-sensitive rule-based algorithm*) dan memberi fokus kepada 2 emosi (marah dan sedih). Kajian juga mengutara keperluan kepada korpus pertuturan bahasa Melayu yang besar mengandungi semua jenis suku kata dan ayat dalam penghasilan sebutan yang semulajadi. Selain daripada itu, kajian Mumtaz Begum et al. (2007) juga cuba memasukkan elemen emosi ke dalam sistem TTS FASIH dengan membina penapis atau penyaring emosi bagi 4 jenis emosi (gembira, marah, sedih dan takut). Kaedah pembinaan penapis emosi dilakukan dengan sasaran mengurangkan keperluan kepada pangkalan data yang besar bagi menyimpan contoh sebutan dan korpora emosi yang boleh menjejaskan keberkesanan serta kelajuan penapis emosi tersebut. Penapis emosi yang berjaya dibina memanipulasi nada bunyi dan juga tempoh suku kata mengikut kadar faktor yang ditetapkan menggunakan kaedah berasaskan petua. Walaupun penapis emosi ini boleh diguna dalam pelbagai sistem TTS yang menggunakan prosodi, pertuturan yang dihasilkan masih tidak semulajadi. Syaheerah et al. (2008) meneruskan kajian yang dilakukan pada tahun 2005 dengan menambah elemen emosi budaya Melayu dalam penghasilan pertuturan bahasa Melayu yang lebih semulajadi. Matlamat kajian ini adalah bagi memperkenalkan satu kaedah baharu dalam menghasilkan pertuturan ekspresif atau beremosi dengan menerapkan 'lapisan emosi' setempat dipanggil 'eXpressive Text Reader Automation Layer' atau eXTRA. Templat emosi yang dimodel untuk emosi tertentu dan disimpan dalam pangkalan data diguna sebagai asas dalam penghasilan pertuturan yang lebih semulajadi. Menumpu kepada emosi marah dan sedih, hasil kajian berupa kadar kenal pasti sesuatu perkataan beremosi yang tinggi membuktikan kaedah yang diguna pakai menunjukkan prestasi yang memuaskan.

Sabrina et al. (2009) membangunkan penyentesis pertuturan bahasa Melayu dengan fokus utama menghasilkan pertuturan lebih semulajadi menggunakan teknik percantuman beberapa unit

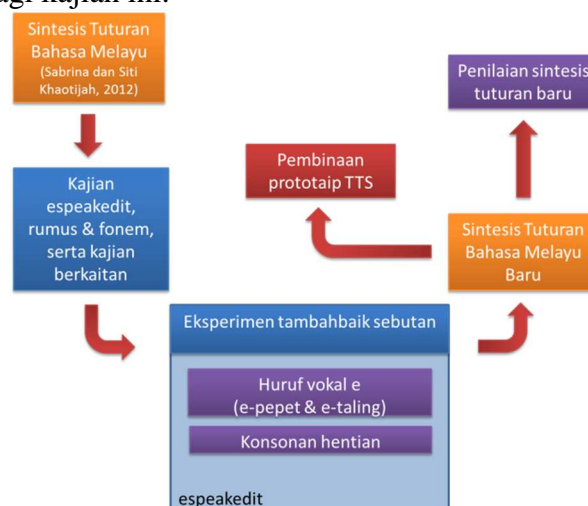
bahagian perkataan tanpa cela yang boleh didengari dengan jelas. Aspek fleksibel penyentesis pertuturan kurang diberi perhatian dalam kajian ini.

Dari sudut yang lain pula, Hafiz Musa et al. (2011) membina algoritma suku kata untuk penyentesis pertuturan bahasa Melayu berdasarkan kaedah suku kata yang hampir sama sebelum menggunakan teknologi penyentesis percantuman untuk menghasilkan pertuturan, manakala Yee et al. (2012) mengaplikasi algoritma genetik dalam mendapatkan turutan unit sebutan yang optimum bagi pemilihan unit penyentesis pertuturan bahasa Melayu. Algoritma carian ini perlu bagi mendapat unit pertuturan yang optimum daripada pangkalan data yang besar yang digunakan oleh penyentesis percantuman. Sementara itu kajian Aini et al. (1999) memfokus kepada penghasilan sistem pertuturan manusia dari aspek fizikal seperti struktur, mekanisme larinks.

Sistem penyentesis pertuturan berasaskan penyentesis formant menggunakan rumus dibincang dalam kajian Othman et al. (2008) dengan menggunakan kaedah sinuisoidal untuk penghasilan pertuturan. Bagaimanapun, kajian ini tidak menyata dengan terperinci butiran penyentesis pertuturan tersebut. Selain daripada itu, kajian menyeluruh tentang penyentesis pertuturan bahasa Melayu dilakukan oleh Zakiah dan Othman (2008) dengan membina penyentesis pertuturan berasaskan rumus untuk bahasa Melayu baku. Bagaimanapun, pembinaan penyentesis pertuturan tersebut dari segi teknikal menggunakan eSpeakedit tidak dinyatakan.

METOD KAJIAN

Pendekatan kajian ini ialah uji kaji dan pembangunan prototaip selain daripada sorotan susastera bagi memperoleh latarbelakang dan pengetahuan asas tentang pembinaan penyentesis pertuturan. Alat pembangun TTS yang sama, eSpeakedit, digunakan bagi menghasilkan rumus dan penyentesis pertuturan baru. Hasil sebutan penyentesis pertuturan baharu kemudiannya dinilai secara subjektif oleh 12 penutur asli bahasa Melayu dengan menjadikan sebutan penyentesis pertuturan kajian terdahulu sebagai perbandingan. Satu prototaip sistem Teks-kepada-Pertuturan bahasa Melayu juga dibina berasaskan penyentesis pertuturan yang baharu. Rajah 1 adalah kerangka konsep bagi kajian ini.



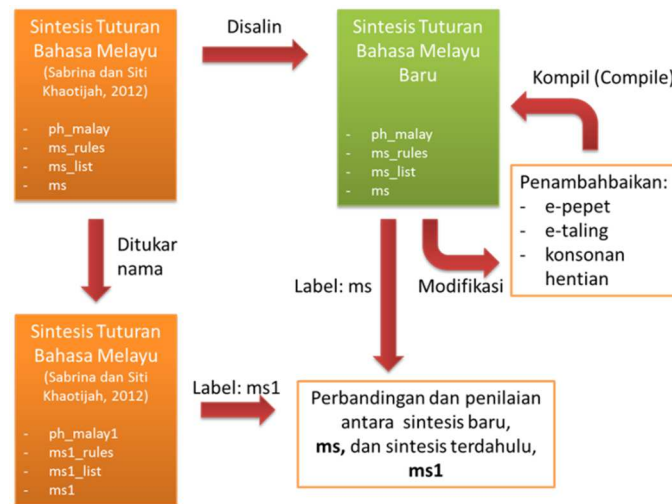
RAJAH 1. Kerangka konsep kajian

UJI KAJI DAN PEMBANGUNAN PROTOTAIP

Uji kaji dilakukan dengan terlebih dahulu memasti penyentesis pertuturan bahasa Melayu yang dihasilkan oleh Sabrina dan Siti Khaotijah (2012) boleh digunakan dengan eSpeakedit versi 1.46.29. Sejumlah 4 fail dalam eSpeakedit iaitu fail fonem (ph_malay), fail sumber

kamus (ms_list, ms_rules) dan fail suara (ms) penyentesis pertuturan terdahulu diteliti sebelum disalin dan ditukar nama dengan tambahan label '1' (ph_malay1, ms1_list, ms1_rules, ms1).

Mengguna eSpeakedit, beberapa perkataan yang dipilih berdasarkan skop kajian (contoh perkataan yang mengandungi e-taling, e-pepet dan konsonan hentian) didengar dan diselidiki sebelum penambahbaikan dilakukan ke atas fail konfigurasi asal yang berkenaan (ms_rules & ph_malay). Fail berkenaan seterusnya dikompil('compile') sebelum perubahan yang dilakukan sedia diguna pakai dalam eSpeak untuk proses uji dengar yang selanjutnya. Proses uji kaji penambahbaikan ini dilakukan berulang kali sehingga pertuturan yang diharap berjaya dihasil. Rajah 2 menunjukkan proses awal dalam uji kaji penambahbaikan penyentesis.



RAJAH 2. Proses penambahbaikan penyentesis pertuturan bahasa Melayu

Penilaian subjektif diguna dalam menilai sebutan penyentesis pertuturan bahasa Melayu baharu berbanding sebutan penyentesis pertuturan bahasa Melayu terdahulu. Sebanyak 20 patah perkataan bahasa Melayu dipilih berdasarkan skop kajian dan 12 orang responden penutur asli bahasa Melayu berbangsa Melayu mengambil bahagian dalam aktiviti penilaian ini. Melalui aplikasi web yang dibangun, sebutan pertuturan 20 perkataan untuk kedua-dua penyentesis pertuturan (baharu dan terdahulu) yang tidak dilabel dan tidak disusun mengikut pola susunan tertentu diberi kepada responden untuk dipilih. Kadar sebutan pertuturan yang baik bagi perkataan tersebut di antara kedua-dua penyentesis pertuturan seterusnya diukur mengguna formula 1 dan formula 2 seperti berikut:

$$P_{ms} = \frac{S_{ms}}{T} \quad (1)$$

$$P_{ms1} = \frac{S_{ms1}}{T} \quad (2)$$

di mana,

- P: Peratusan ketepatan sebutan penyentesis pertuturan untuk satu perkataan
T: Jumlah keseluruhan peserta/responden
S: Bilangan peserta/responden yang memilih sebutan dari penyentesis tertentu
ms: Sintesis pertuturan bahasa Melayu yang baharu
ms1: Sintesis pertuturan bahasa Melayu terdahulu

Satu prototaip aplikasi web sistem TTS berasaskan penyentesis pertuturan baharu kemudiannya dibina untuk menguji sebutan yang dihasilkan. Aplikasi web ini juga mengandungi ruangan untuk menguji ketepatan sebutan penyentesis pertuturan baharu berbanding sebutan penyentesis pertuturan terdahulu untuk beberapa perkataan yang dipilih. Prototaip aplikasi web ini dibangun menggunakan kerangka JEE (Java Enterprise Edition) yang ringkas dan dihoskan oleh pelayan Apache Tomcat.

HASIL KAJIAN

Perubahan dan penambahan dilakukan dalam fail fonem bahasa (ph_malay), begitu juga fail rumus bahasa (ms_rules). Antara perubahan besar dalam fail fonem bahasa, ph_malay, ialah pengubahsuaian fonem E untuk dijadikan sebagai takrifan sebutan e-taling sementara fonem E2 sebagai takrifan sebutan e-pepet. Fonem t2 pula diwujudkan untuk menakrif fonem konsonan hentian bagi huruf t. Perubahan dalam fail ph_malay ditandai dengan huruf tebal seperti berikut:

```
phoneme E
  vowel starttype #e endtype #e
  length 180
// ChangeIfUnstressed(@)
  FMT(vowel/e_mid)
endphoneme
```

```
phoneme E2
  vowel starttype #e endtype #@
  length 100
ChangeIfUnstressed(@)
// FMT(vowel/e_mid)
FMT(vowel/e#)
endphoneme
```

```
phoneme t2 // English [t]
  import_phoneme base/t
  WAV(ustop/t_short)
endphoneme
```

Hasil uji kaji pada akhir kajian yang berbentuk rumus dalam fail rumus, ms_rules, juga diperoleh seperti jadual 1.

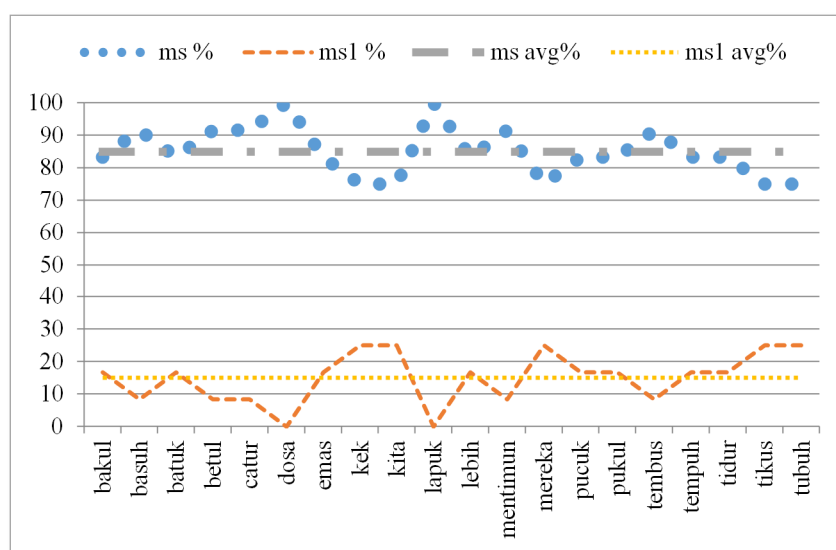
JADUAL 1. Rumus sebutan fonem

Fonem	Huruf	Rumus	Contoh sebutan perkataan
E2	e-pepet	_) e (ma E2:	emak, emas
		_) e (mC E2:	embun, empayar
		_t) e (mCu E2:	tempuh, tembus
		_C) e (C E2	perkataan, pendakian, pertama
E	e-taling	CAC) e (C E	boleh, toleh, leceh, soleh
		_) e E	enak, era, emosi
		_t) e (mCo E	tempoh
	a	a) a _ a:	perkataan, kejayaan, perlaksanaan
		C) a (A aa:	perkataan, kejayaan
		C) a (w aa:	kawan, cawan, lawatan
		A) a _ a:	suasana, muara, biasa
		C) a (y aa	kekayaan, kejayaan
		C) a (_ @	mereka, percaya, biasa

		y) a (_ C) a (ys	@@ E	percaya, berjaya malaysia
dZ	j	A) j	_ dZ	kejar, kijang
k	k	_ke) k (_	k	kek
t2	t	A) t (_ CA) t (C	t2	kelat, ketat, berat mutlak, putrajaya
o	u	C) u (C_	o	tubuh, subuh, masuk, peluk

Usaha untuk mengganti sebutan konsonan hentian d dan j dengan sebutan suara yang direkod tidak menghasilkan keputusan yang diharap. Proses penilaian sebutan diterus tanpa memasukkan sebutan konsonan hentian tersebut.

Setiap penilaian responden dikumpul pada akhir proses penilaian sebutan dan hasil daripada penilaian keseluruhan yang direkod diplot ke dalam bentuk peratusan graf seperti Rajah 3.

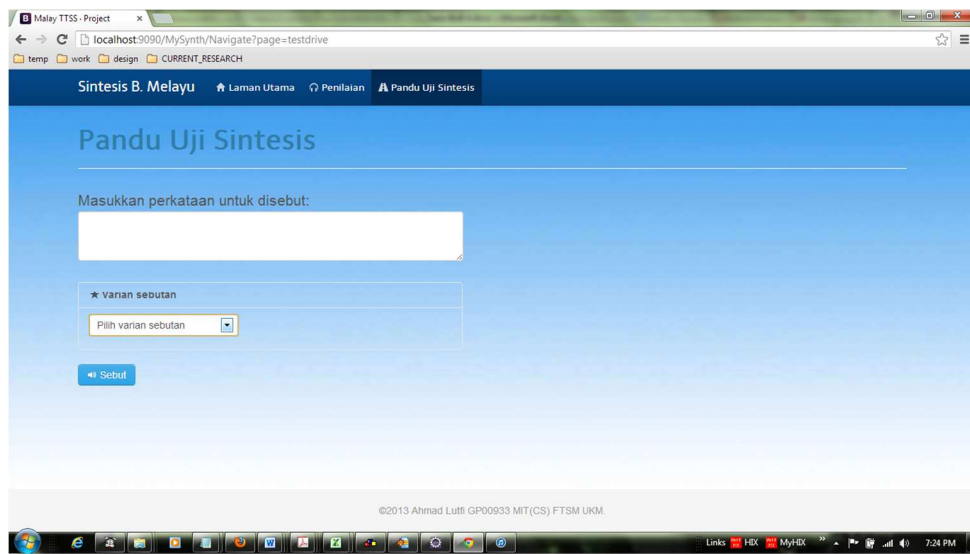


RAJAH 3. Peratusan hasil penilaian sebutan

Jumlah responden yang memilih sebutan pertuturan perkataan penyentesis pertuturan yang baharu rata-ratanya adalah tinggi berbanding dengan jumlah responden yang memilih sebutan pertuturan perkataan penyentesis pertuturan kajian terdahulu. Sebutan pertuturan bagi perkataan 'Dosa' dan 'Lapuk' oleh penyentesis pertuturan baharu mencatat peratusan 100% apabila dipilih oleh semua responden sebagai sebutan paling hampir dengan sebutan harian mereka. Sebutan untuk perkataan yang mengandungi e-pepet dan e-taling oleh penyentesis pertuturan baharu seperti 'Betul', 'Mentimun', 'Mereka', 'Tembus' dan 'Tempuh' juga merekod jumlah pilihan yang tinggi berbanding sebutan penyentesis pertuturan terdahulu. Secara purata, daripada 12 responden yang mengambil bahagian, sebanyak 85% memilih hasil sebutan yang dihasil oleh penyentesis pertuturan baharu manakala baki 15% memilih sebutan hasil dari penyentesis pertuturan kajian terdahulu.

Satu prototaip TTS juga berjaya dihasil dalam aplikasi web yang sama dengan laman penilaian sebutan dengan menjadikan penyentesis pertuturan bahasa Melayu baharu sebagai penyentesis pertuturan. Dengan menggunakan arahan-arahan tertentu di baris arahan yang diintegrasikan dengan aplikasi web, pengguna hanya perlu memasukkan perkataan bahasa Melayu yang ingin ditutur dan menekan butang "Sebut" sebelum sebutan perkataan tersebut boleh ditutur mengguna penyentesis pertuturan baharu. Varian suara lelaki dan perempuan juga

boleh dipilih untuk diuji pandu dalam prototaip TTS ini. Rajah 4 menunjukkan prototaip TTS yang dihasil.



RAJAH 4. Prototaip TTS mengguna penyentesis pertuturan bahasa Melayu yang baharu dengan pilihan varian suara

KESIMPULAN

Kajian yang dijalankan mensasar objektif memperbaiki penyentesis pertuturan bahasa Melayu terdahulu dalam masa yang singkat dengan mengguna alat pembangun TTS eSpeakedit. Fokus kajian adalah kepada penambahbaikan sebutan huruf e dalam bahasa Melayu, baik sebutan e-taling mahupun e-pepet selain daripada menambah baik konsonan hentian seperti huruf d dan t. Hasil penilaian menunjukkan secara purata, 85% responden memilih sebutan yang dihasil oleh penyentesis pertuturan bahasa Melayu baharu sebagai sebutan lebih hampir dengan pertuturan harian mereka berbanding 15% responden yang memilih sebutan yang dihasil oleh penyentesis pertuturan terdahulu.

Walaupun hasil penilaian membuktikan kajian ini mencapai objektif utama iaitu memperbaiki penyentesis pertuturan bahasa Melayu kajian terdahulu dalam masa yang singkat, beberapa aspek dari segi pelaksanaan uji kaji dan penilaian boleh diperbaiki. Kajian pengguna alat menganalisis suara sumber terbuka Praat, sebagai contoh, perlu dilakukan dengan lanjut bagi memasti usaha memperbaiki sebutan konsonan hentian melalui rakaman suara baharu dapat dilaksana dengan jayanya selain daripada usaha penambahbaikan sebutan vokal dan konsonan hentian lain bagi menghasil penyentesis pertuturan bahasa Melayu yang menyeluruh. Dari aspek penilaian, penglibatan responden yang menyeluruh dan seimbang dari segi kumpulan usia, taburan jantina atau pun negeri kelahiran boleh dipertimbang dalam kajian pada masa hadapan bagi mendapat gambaran yang tepat dan menyeluruh. Sementara senarai perkataan untuk penilaian sebutan yang banyak selain daripada metod uji kaji-penilaian-ujikaji secara berulang melibatkan responden juga boleh membantu dalam penghasilan sebutan pertuturan yang baik.

Meskipun dengan pengetahuan yang asas tentang pembinaan penyentesis pertuturan, sebuah prototaip TTS berjaya dibina mengguna penyentesis pertuturan bahasa Melayu yang baharu dengan bantuan alat pembangun TTS sumber terbuka eSpeakedit. Pengetahuan dan pengalaman pembinaan penyentesis pertuturan bahasa Melayu yang baharu dalam masa yang singkat membuka laluan bagi meneruskan kajian dalam konteks penambahbaikan penyentesis pertuturan bahasa Melayu pada masa hadapan. Hasil penyentesis pertuturan bahasa Melayu kajian ini berupa rumus dan fail fonem yang dihasil ditambah dengan beberapa cadangan

perluasan kajian dapat menyumbang ke arah penghasilan penyentesis pertuturan bahasa Melayu yang sempurna.

PENGHARGAAN

Kertas kerja ini dibiayai oleh Universiti Kebangsaan Malaysia di bawah kod geran UKM-GUP-2012-007.

RUJUKAN

- Aida-Zade, K.R., Ardil, C. & Sharifova, A.M. 2010. The Main Principles of Text-to-Speech Synthesis System. *International Journal of Information and Communication Engineering*, 6(1): 13-19.
- Aini H., Salina A. S. & Kuek, Y. S. 1999, Theory, Methodology and Implementation of the Malay Text-to-speech system. *Malaysian Journal of Computer Science*, 12(1): 28-37.
- Chauhan, A., Chauhan, V., Gagandeep S., Choudhary, C. & Arya, P. 2011. Design and Development of a Text-To-Speech Synthesizer System. *International Journal of Electronics & Communication Technology*, 2(3): 42-45.
- Clynes, A. & Deterding, D. 2011. Standard Malay (Brunei). *Journal of the International Phonetic Association*, 41: 259-268.
- Dutoit, T. 1999. High-Quality Text-to-Speech Synthesis: An Overview. *Journal of Electrical & Electronics Engineering, Australia: Special Issue on Speech Recognition and Synthesis*, 7: 25-37.
- Free Software Foundation Inc. 2007, eSpeak text to speech. <http://espeak.sourceforge.net/> [30 April 2013].
- Hafiz M., Rabiah A. K., Azreen A. & Taufik M. A. 2011. Syllabification Algorithm based on Syllable Rules Matching for Malay Language. *Proceedings of the 10th WSEAS International Conference on Applied Computer and Applied Computational Science (ACACOS 2011)*. Venice: WSEAS Press, 279-286.
- Jawatankuasa Tetap Bahasa Malaysia. 1985. *Pedoman Umum Ejaan Bahasa Melayu*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Klatt, D. 1987. Review of Text-to-Speech Conversion for English. *Journal of the Acoustical Society of America*, 82(3): 737-793.
- Lamel, L. F., Gauvain, J.L., Prouts, B., Bouhier, C. & Boesch, R. 1993. Generation and Synthesis of Broadcast Messages. *Proceedings of ESCA-NATO Workshop and Applications of Speech Technology*. Germany: ISCA, 207-210.
- Lemmetty, S. 1999. Review of Speech Synthesis Technology. Master Thesis, Department of Electrical and Communication Engineering, Helsinki University of Technology, Finland.
- Mumtaz B., Raja, N. A., Zuraidah, M. D. & Knowles, G. 2007. Adding an emotions filter to Malay Text-to-speech system. *Proceeding of the International Conference on Signal Processing and Communications (ICSPC 2007)*, Dubai: IEEE, 1007-1010.
- Othman, O. K., Zakiah, H. A., Aisha-Hassan, A. H., & Teddy S. G. 2008. SMaTalk: Standard Malay Text to Speech Talk System. *Signal Processing: An International Journal*, 2(5): 1-16.
- Oura, K. 2013. The HMM-based Speech Synthesis System. <http://Hts.sp.nitech.ac.jp> [1 Mei 2013].
- The_Pronunciation_of_Malay.2011. <http://www.ubd.edu.bn/academic/faculty/FASS/research/malay/index.html>. [1 Mei 2013].
- Sabrina, T.A., Rosni, A. & Tang, E. K. 2009. Natural Sounding Sub-word Units Concatenation in Malay Speech Synthesis. *Proceedings of the 2009 International Conference on Signal Acquisition and Processing*, Kuala Lumpur: IEEE Computer Society, 77-79.
- Sabrina, T. & Siti Khaotijah, M. 2012. Experience in Using TTS Developer Tool to build MalayTTS System. Paper presented at the 6th Malaysian Software Engineering Conference (MYSEC 2012), 4th-5th December, Bangi.
- Sasirekha, D. & Chandra, E. 2012. Text-to-Speech: A Simple Tutorial. *International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)*, 2(1): 275-278.

- Syaheerah, L. L., Juan, M. M., Raja, N. A. & Zuraida, M. D. 2008. eXTRA: A Culturally Enriched Malay Text to Speech System. Paper presented at AISB 2008 Symposium on Affective Language in Human and Machine, University of Aberdeen 1st–4th April, Aberdeen.
- Syaheerah, L. L., Raja, N. A., Salimah, M. & Zuraidah, M. D. 2005, Template-driven Emotions Generation in Malay Text-to-speech: A Preliminary Experiment. Paper presented at the 4th International Conference on IT in Asia (CITA 2005), Hilton Hotel, 12th-15th December, Kuching.
- Tian, S. T. & Sheikh, H. S. S. 2008. Corpus-based Malay Text-to-Speech Synthesis System. Paper presented at the 14th Asia-Pacific Conference on Communications (APCC2008), Akhibara, 14-16 October, Tokyo.
- Tian, S. T., Liboh, H., Ahmad, K. A., Ting, C. M. & Sheikh, H. S. S. 2007. Application of Malay Speech Technology in Malay Speech Therapy Assistance Tools. *Proceedings of the International Conference on Intelligent and Advanced Systems (ICIAS2007)*, Kuala Lumpur: IEEE, 330-334.
- Yee, C. L., Tian, S. T., Sheikh, H. S. S. & Ling, D. K. 2012. Application of Genetic Algorithm in Unit Selection for Malay Speech Synthesis System. *Journal Expert Systems with Applications: An International Journal*, 39(5): 5376-5383.
- Yousif, A. & Zuraida, M. D. 2000. Text-to-Speech Conversion of Standard Malay. *International Journal of Speech Technology*, 3: 129-146.
- Zakiah, H. & Khalifa, O. 2008. Towards Designing A High Intelligibility Rule Based Standard Malay Text-To-Speech Synthesis System. *Proceedings of the International Conference on Computer and Communication Engineering 2008*, Kuala Lumpur: IEEE, 89-94.

Ahmad Lutfi Salikin,
 Sabrina Tiun Abdullah
 Fakulti Teknologi & Sains Maklumat
 Universiti Kebangsaan Malaysia.
 ahmad.lutfi@gmail.com, sabrinatiun@ukm.edu.my

Received: 29 January 2015

Accepted: 10 June 2015